

Erteilt auf Grund des Ersten Überleitungsgesetzes vom 8. Juli 1949  
(WiGBL S. 175)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



AUSGEGEBEN AM  
9. MAI 1956

DEUTSCHES PATENTAMT

# PATENTSCHRIFT

Nr. 943 072

KLASSE 21e GRUPPE 29 02

p 37834 VIIIc / 21e D

---

Albert Buhr, Stuttgart-Zuffenhausen  
ist als Erfinder genannt worden

---

Standard Elektrizitäts-Gesellschaft A. G., Stuttgart-Zuffenhausen

## Toleranzmeßbrücke

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 26. März 1949 an

Patentanmeldung bekanntgemacht am 10. Mai 1951

Patenterteilung bekanntgemacht am 19. April 1956

Ein Bauelement der Elektrotechnik, das in größten Mengen gefertigt wird, sind Spulen verschiedenster Art, wie Widerstandsspulen, Relaispulen, Induktionsspulen u. dgl. Diese Massenfertigung macht geeignete Meß- und Prüfgeräte erforderlich, die von ungeschulten Kräften bedient werden können und dabei ein möglichst rasches Messen ermöglichen, das nicht die Vorteile einer Massenfertigung wieder illusorisch macht. Bei der Messung von Widerständen wird nach wie vor als geeignetstes Meßgerät die Wheatstonesche Brücke verwendet, für die Durchführung von Messungen großer Stückzahlen jedoch zweckmäßig in einer Abwandlung als sogenannte Toleranzmeßbrücke.

Die Widerstandswerte der zu fertigenden Spulen liegen in der Regel von vornherein fest, ebenso die zulässigen Toleranzen der Widerstände, die bei der Fertigung eingehalten werden müssen. Es kommt

daher bei der Prüfung von Spulen nicht darauf an, die absoluten Widerstandswerte derselben zu ermitteln, was nur durch einen zeitraubenden Brückenabgleich ermöglicht werden kann, sondern darauf, festzustellen, ob der Widerstand innerhalb der gegebenen Toleranzgrenzen liegt. Wichtig ist dabei vor allem, daß die Toleranzgrenze gut erkennbar ist, d. h., es muß ein scharfer Übergang von »gut« nach »Aus- 20  
schuß« an der Toleranzgrenze verlangt werden. Bei den bekannten Widerstandsmeßbrücken werden die Toleranzbereiche meist durch bestimmte Zeiger- 25  
ausschläge des Meßinstrumentes gekennzeichnet, d. h., die im Nullzweig vorhandene Stromstärke ist ein Maß für die Widerstandsabweichung vom Sollwert. 30  
Der Nachteil einer solchen Toleranzanzeige besteht vor allem darin, daß verschiedene Toleranzen durch Anwendung verschiedener Meßspannungen oder durch

Bildung von Nebenschlüssen zum Instrument hergestellt werden müssen, wobei jeweils an den Toleranzgrenzen eine andere Meßempfindlichkeit auftritt. Die Meßempfindlichkeit ist auch vom Meßbereich abhängig und stimmt nur über einen kleinen Meßbereich. Infolgedessen können derartige Toleranzmeßbrücken als Prüfgerät für die Massenfertigung den hierbei zu stellenden Anforderungen nicht in dem gewünschten Maße gerecht werden.

Es ist auch bereits eine Prüfeinrichtung für elektrische Schaltelemente mit vorgeschriebener Toleranz bekannt, die den Toleranzbereich durch Messung des unteren und des oberen Toleranzwertes eingrenzt und zu diesem Zwecke zwei entsprechend abgestimmte Meßbrücken vorsieht, auf die abwechselnd bei der Durchführung der beiden Messungen umgeschaltet wird. Obwohl diese Prüfeinrichtung vorwiegend für Massenprüfungen insbesondere von Widerständen gedacht ist, weist sie einige Nachteile auf, die vor allem der in der modernen Betriebsmeßtechnik angestrebten Automatisierung der Einstell- und Meßvorgänge entgegenstehen. Eine solche läßt sich wirtschaftlich nur durchführen, wenn möglichst wenige veränderliche Steuerelemente vorhanden sind. Zur Erfassung eines großen Meßbereiches mit einer einzigen Meßanordnung sind jedoch, insbesondere zur Einstellung der Vergleichswiderstände, viele Steuerelemente, wie Schalter oder Relais, notwendig. Aus diesem Grunde ist die Verwendung zweier Brücken zur Prüfung der beiden Grenzwerte mit ihrer gesonderten Einstellung der Widerstandsgrundwerte und der Toleranzabweichung im Hinblick auf eine Automatisierung unzweckmäßig.

Weiter ist ein Toleranzmeßgerät bekannt, das zwei Widerstände, von denen wahlweise einer als Vergleichswiderstand zugeschaltet werden kann, enthält. Der eine ist auf die obere und der andere auf die untere Toleranzgrenze eingestellt. Bei Einstellung auf einen anderen Sollwert müssen beide Vergleichswiderstände verändert werden, der eine nach oben und der andere nach unten. Dabei muß die Differenz der beiden Widerstände im gleichen Verhältnis zum Sollwiderstand bleiben, wenn die zulässige Toleranz gleichbleiben soll. Bei Veränderung der Toleranzgrenze müssen ebenfalls beide Widerstände verändert werden, und zwar nicht nur in Abhängigkeit von dem gewünschten Prozentwert, sondern auch von dem Sollwert, der gerade eingestellt ist. Bei Prüfgeräten für die Massenfertigung ist es jedoch erforderlich, daß die Umschaltung auf andere Betriebszustände möglichst einfach ist. Eine komplizierte Einstellung würde nämlich die Bedienung durch ungeschulte Kräfte unmöglich und bei automatischer Umschaltung die Anlage kompliziert und aufwendig machen.

Für Präzisionsmessungen sind Brücken bekannt, bei denen zum Interpolieren kleine Zusatzwiderstände vorgesehen sind, welche zwei benachbarten Brücken zweigen wahlweise zugeschaltet werden können. Der Vergleichswiderstand bleibt bei der Interpolation konstant. Diese Messungen können nur von technisch geschultem Personal ausgeführt werden, weil der zu messende Widerstand erst durch eine Rechenoperation, in der mehrere Parameter und zwei Gal-

vanometerausschläge als Variable zu berücksichtigen sind, ermittelt werden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine möglichst einfache Toleranzmeßbrücke zu schaffen, die allen betrieblichen Anforderungen entspricht und sich für Massenprüfungen besonders gut eignet. Dabei soll, wie bei den bekannten Anordnungen, die Prüfung jeweils nur auf Unter- bzw. Überschreitung der unteren und oberen Toleranzgrenze erfolgen. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einer Toleranzmeßbrücke in Gestalt einer Wheatstoneschen Brücke, die mit dem gleichen Vergleichswiderstand unter Änderung des Brückenverhältnisses in den Brückenzweigen, die den Prüfling und den Vergleichswiderstand nicht enthalten, eine Anzeige sowohl für die obere als auch die untere Toleranzgrenze liefert, dadurch gelöst, daß für die Feststellung des oberen und unteren Grenzwertes ein Zusatzwiderstand  $c$  vorgesehen ist, der wahlweise den Widerständen  $b, d$  zweier benachbarter Brückenzweige zuschaltbar ist, und daß für die Einstellung der veränderbaren Brückenelemente  $a, c$  eine Schablonensteuerung vorgesehen ist.

Wählt man als Vergleichswiderstand für den zu prüfenden Widerstand, dessen Sollwert bekannt ist, einen Widerstandswert gleich dem geometrischen Mittel aus den beiden zulässigen Grenzwerten des Prüflings und macht man die beiden Widerstände, denen der Zusatzwiderstand wahlweise zugeschaltet werden kann, einander gleich, so ist der für den Zusatzwiderstand zu wählende Widerstandswert ausschließlich von der jeweils zulässigen Toleranz in Prozent abhängig. Dadurch, daß bei der Anordnung gemäß der Erfindung die Toleranz von der Stromstärke unabhängig ist, wird der Vorteil erzielt, daß für alle Toleranzen die gleiche Randempfindlichkeit besteht, die nur von dem zu messenden  $R_x$ , aber nicht von den Toleranzprozenten abhängig ist. Die Empfindlichkeit der Anzeige ist hier über den gesamten Meßbereich die gleiche. Für die praktische Anwendung des Gerätes als Prüfgerät für Massenprüfungen ergibt sich der weitere Vorteil, daß nur die Richtung des Instrumentenausschlags bei der Messung zu beachten ist, nicht dagegen der Betrag des Ausschlags. Durch gleichzeitige Umpolung des Meßinstrumentes bei dem Übergang von der Messung der Plustoleranz auf die der Minustoleranz wird eine weitere Bedienungs-erleichterung geschaffen, die darin besteht, daß jeder Ausschlag des Instrumentes in einer bestimmten Richtung, gleichgültig wie groß, gleichbedeutend einer Überschreitung der zulässigen Toleranzgrenze ist. Es erübrigt sich damit eine Eichung des Nullinstrumentes, auf dem nur die eine Ausschlagseite als »Ausschußseite«, die andere als »Gutseite« zu kennzeichnen ist, was z. B. durch farbiges Anlegen der Skalenscheibe erfolgen kann.

Gegenüber der bekannten Toleranzmeßanordnung mit zwei Meßbrücken, die einige der obengenannten Vorteile ebenfalls aufweist, zeichnet sich die Erfindung durch ihren erheblich einfacheren Aufbau und geringeren Aufwand aus. Im Hinblick auf eine Automatisierung der Messungen ist die verringerte Einstellarbeit von besonderer Bedeutung, da nur ein Vergleichswiderstand einmalig einzustellen ist und die

Toleranzeinstellung unabhängig vom Betrag des Widerstandswertes dieses Vergleichswiderstandes erfolgt.

Im folgenden soll zunächst an Hand der Fig. 1 Aufbau und Anwendungsweise der Brückenordnung erläutert werden.

Fig. 2 zeigt eine praktische Ausführungsform der Brücke, die eine automatische Einstellung der Brücke auf Prüfung von Spulen bestimmten Widerstandes und vorgegebener Toleranz ermöglicht. Diese automatische Einstellung wird gemäß der Erfindung mit Hilfe vorbereiteter Schablonen in Lochkartenform bewirkt. Eine derartige Anordnung ist in Fig. 3 dargestellt.

Aus den vorstehenden Ausführungen ergibt sich bereits, daß für jede Widerstandsmessung zwei Brückeneinstellungen erforderlich sind, und zwar je eine auf den oberen und den unteren zulässigen Grenzwert des Widerstandes. Beim Übergang von einem Grenzwert zum anderen wird, wie bereits erwähnt, gleichzeitig der Galvanometeranschluß umgepolt. Wie ohne weiteres ersichtlich, ist der Aufbau der Brückenschaltung der einer gewöhnlichen Wheatstoneschen Brücke, abgesehen von der Umschaltung des Galvanometers in der Brückendiagonale und von dem zwischen  $b$  und  $d$  liegenden Widerstand  $c$ . Bezeichnet man die Grenzwerte des Prüflingswiderstandes mit  $R_{x(max)}$  und  $R_{x(min)}$ , dann ist für den Vergleichswiderstand  $a$  der Wert

$$a = \sqrt{R_{x(max)} R_{x(min)}}$$

einzusetzen. Sind ferner  $b$  und  $d$  einander gleich, dann muß, um bei den beiden Toleranzgrenzen Brückengleichgewicht zu schaffen, der Zusatzwiderstand  $c$  den Wert

$$c = b \cdot \left( \sqrt{\frac{R_{x(max)}}{R_{x(min)}}} - 1 \right)$$

für ( $b = d$ ) erhalten.

Hiermit liegt die Größe von  $c$  bei gegebener Toleranz und gegebenen Brückenwiderständen  $b$  und  $d$  eindeutig fest. Sie ist dann unabhängig vom Absolutwert des Prüflingswiderstandes oder vom Vergleichswiderstand  $a$ . Unter diesen Voraussetzungen ergeben sich folgende Beziehungen: Befindet sich der Umschalter in der gezeichneten Stellung, dann ist die Brücke für den oberen zulässigen Grenzwert von

$$R_x = a \cdot \frac{c + d}{b}$$

im Gleichgewicht und das Galvanometer stromlos. Für

$$R_x < a \cdot \frac{c + d}{b}$$

fließt dann ein Galvanometerstrom in der Richtung vom Punkt 1 nach 2, und der Zeiger schlägt nach der »Gut«-Seite aus. Ist

$$R_x > a \cdot \frac{c + d}{b},$$

so fließt der Galvanometerstrom in umgekehrter Richtung, das Instrument schlägt nach der »Aus-schuß«-Seite aus. Zur Prüfung auf Einhalten der unteren Toleranz wird der Umschalter  $u$  umgelegt,

wodurch der Zusatzwiderstand  $c$  dem Widerstand  $b$  zugeschaltet und das Galvanometer umgepolt wird. Das Brückengleichgewicht besteht dann bei

$$R_x = a \cdot \frac{d}{b + c}.$$

»Gut«-Werte sind dann durch

$$R_x > a \cdot \frac{d}{b + c},$$

»Ausschuß«-Werte durch

$$R_x < a \cdot \frac{d}{b + c}$$

gekennzeichnet.

Die Größe der Verhältniswiderstände  $b$  und  $d$  wird zweckmäßig so gewählt, daß die Meßgenauigkeit über den ganzen zu erfassenden Meßbereich möglichst gleich bleibt. Da die Verhältniswiderstände für alle Messungen und Toleranzen ferner dieselben sind, hängt die Größe des Hilfswiderstandes  $c$  ausschließlich von der Toleranz ab. Man kann daher durch entsprechende Änderung von  $c$  jeden beliebigen gewünschten Toleranzwert ( $\pm$  in %) an der Brücke einstellen. Es ergibt sich hieraus, daß praktisch nur die Widerstände  $a$  und  $c$  einstellbar sein müssen.

Fig. 2 zeigt eine praktische Ausführungsform einer Meßbrücke gemäß der Erfindung. An die mit  $R_x$  bezeichneten Klemmen wird der zu prüfende Widerstand angeschlossen, an die Klemmen  $a$  der Vergleichswiderstand, dessen Wert in der oben angegebenen Weise aus Sollwert und Toleranzen des Prüflings vorherbestimmt ist. Die gegebene Toleranz bestimmt gleichzeitig die Größe von  $c$ , der zwischen die entsprechend bezeichneten Klemmen eingeschaltet wird. Das Meßinstrument  $J$  ist normalerweise über die beiderseitigen Umschalter kurzgeschlossen. Es wird bei der Messung der Plus-toleranz durch Umlegen des mit »Messen +« bezeichneten Schalters an die Verbindung  $b-c$  gelegt, während die andere Seite über den in Ruhe bleibenden Schalter »Messen —« am Verbindungspunkt von  $a$  und  $R_x$  angeschaltet bleibt. Bei Messung der Minustoleranz wird nur der letztgenannte Schalter umgelegt und damit das Instrument unter gleichzeitiger Umpolung an die andere Seite von  $c$  gelegt. Diese ist mit einem weiteren Umschalter verbunden, über den wahlweise ein Widerstand  $d$  oder  $d'$  eingeschaltet werden kann. Bezüglich ihres Widerstandes sind diese untereinander gleich und auch gleich  $b$ , jedoch sind sie aus verschiedenen Widerstandsmaterialien aufgebaut. Der eine ist eine Kupferspule und wird verwendet, wenn  $R_x$  ebenfalls ein Widerstand aus Kupferdraht ist, während der andere aus Widerstandsdraht gewickelt ist und bei Messungen an ebensolchen Widerständen eingeschaltet wird. Hierdurch wird erreicht, daß stets eine temperaturrichtige Messung gewährleistet ist, da auch die Vergleichswiderstände untereinander stets gleichbleiben. Um die Brücke allen vorkommenden Widerstandsgrößen und Toleranzen anpassen zu können, werden die veränderlichen Widerstände  $a$  und  $c$  in Gestalt von Präzisions-Widerständen und -Steckspulen an die Brücke angeschaltet.

Die parallel zum Instrument geschaltete Gleichrichteranordnung stellt eine Instrumentenschutzschaltung dar. Die Anwendung einer solchen Schaltung ist in vorliegendem Falle deshalb möglich und vorteilhaft, weil die Brückenwiderstände bei Abgleich in der Brückendiagonale die Spannung »0« ergeben. Die Fehleranzeige, gekennzeichnet durch Ausschläge nach der einen oder anderen Seite, erfolgt daher stets bei kleinsten Spannungswerten. Bei diesen Spannungen läßt aber der Gleichrichter infolge seiner gekrümmten Kennlinie auch in der Durchlaßrichtung nur einen so kleinen Strom durch, daß er das Meßergebnis nicht beeinflußt. Bei größeren Strömen dagegen bildet er einen wirksamen Nebenschluß und damit Schutz des Instrumentes.

Die Parallelschaltung zweier entgegengesetzt gepolter Gleichrichter dient dazu, das hochempfindliche Galvanometer gegen beliebig gepolte Ströme zu schützen. Gegebenenfalls kann vor die Parallelschaltung von Instrument und Gleichrichteranordnung noch ein Vorwiderstand eingeschaltet werden. Als Gleichrichterelemente können alle solche Elemente mit geeigneter Kennlinie, wie Kupferoxydul- und Selen-gleichrichter, verwendet werden. Eine solche Schutzanordnung ist nicht auf die Verwendung in Toleranzmeßbrücken beschränkt, sondern, da sie eine strom- und spannungsabhängige Empfindlichkeitsänderung des Galvanometers bewirkt, mit Vorteil bei allen nach der Nullmethode arbeitenden Meßanordnungen anwendbar.

Aus der Tatsache, daß die Werte des Zusatzwiderstandes  $c$  allein von der jeweiligen Toleranz abhängig sind und der Widerstand  $a$  aus dem Sollwiderstand des Prüflings und seinen gegebenen Toleranzgrenzen vorherbestimmbar ist, ergibt sich die Möglichkeit, eine automatische Voreinstellung der Meßbrücke durchzuführen, die nicht nur eine Zeitersparnis mit sich bringt, sondern vor allem Irrtümer ausschließt und somit die Bedienung der Brücke selbst durch vollständige Laien zuläßt. Zweckmäßig erfolgt eine solche automatische Einstellung unter Verwendung von Lochkarten oder Schablonen, die durch entsprechende Kontaktsteuerungen die Voreinstellung der Brücke den jeweils zu messenden Widerstandswerten entsprechend bewirken. In Fig. 3 ist ein Ausführungsbeispiel für eine solche automatische Einstellung dargestellt, das im folgenden näher beschrieben werden soll:

Der Vergleichswiderstand  $a$  besteht hierbei aus einer Reihenschaltung von siebzehn nach Zweierpotenzen abgestuften Widerständen, von denen jeder durch einen der in der dargestellten Weise angeordneten Kontaktsätze 1 bis 17 kurzgeschlossen werden kann. Mit diesem Stufenwiderstand lassen sich in Stufen von  $0,25 \Omega$  sämtliche Widerstandswerte bis zu  $\sim 32\,600 \Omega$  durch Bildung entsprechender Kombinationen bei Betätigung einzelner Kontaktsätze bilden. Fünf weitere Widerstände 18 bis 22 dienen zur Auswahl der Toleranz, die demgemäß zwischen  $0,5$  und  $15,5\%$  in Stufen von  $0,5\%$  variiert werden kann. Ein weiterer Kontakt 23 schließlich bewirkt die Umschaltung von Widerstand  $d$  auf  $d'$  in der Schaltung nach Fig. 2. Sämtliche Kontakte werden

durch eine gemeinsame Schalteinrichtung über eine Schablone  $Sch$  als Zwischenglied betätigt und würden, wenn die Schablone keine Lochkombination aufwies, sämtliche zugeordneten Widerstände kurzschließen. Vom Kurzschluß ausgenommen sind nur die Widerstände, bei denen der zugeordnete Kontaktsatz in der eingeführten Schablone ein Loch vorfindet, durch das der betreffende Betätigungspinsel des Kontaktsatzes frei hindurchtreten kann. Das dargestellte Beispiel zeigt eine Schablone zur Messung von Kupferdrahtwiderständen von  $100 \pm 10 \Omega$ . Der für diesen Fall erforderliche Widerstandswert für  $a$  ergibt sich aus der obengenannten Formel zu  $99,5 \Omega$ , der hier durch Einschalten der Teilwiderstände  $64 + 32 + 2 + 1 + 0,5$  gebildet wird. Der Zusatzwiderstand  $c$  ergibt sich aus der gegebenen Toleranz zu  $84 + 21 = 105 \Omega$ . Da es sich um einen Kupferwiderstand handelt, bleibt Kontakt 23 unbetätigt und demnach Widerstand  $d$  in der Brücke eingeschaltet. In ähnlicher Weise können für alle beliebigen Widerstandszwecke und Toleranzen solche Schablonen vorbereitet werden.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Toleranzmeßbrücke in Gestalt einer Wheatstoneschen Brücke, die mit dem gleichen Vergleichswiderstand unter Änderung des Brückenverhältnisses in den Brückenäzweigen, die den Prüfling und den Vergleichswiderstand nicht enthalten, eine Anzeige sowohl für die obere als auch für die untere Toleranzgrenze liefert, dadurch gekennzeichnet, daß für die Feststellung des oberen und unteren Grenzwertes ein Zusatzwiderstand ( $c$ ) vorgesehen ist, der wahlweise den Widerständen ( $b, d$ ) zweier benachbarter Brückenäzweige zuschaltbar ist, und daß für die Einstellung der veränderbaren Brückenelemente ( $a, c$ ) eine Schablonensteuerung vorgesehen ist.

2. Toleranzmeßbrücke nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstandswerte der beiden Verhältniswiderstände ( $b, d$ ) einander gleich sind und der Widerstandswert des Zusatzwiderstandes ( $c$ ) ausschließlich durch den Absolutbetrag eines der Verhältniswiderstände und der vorgegebenen Toleranz des zu messenden Widerstandes bestimmt ist.

3. Toleranzmeßbrücke nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Vergleichswiderstand ( $a$ ) zu dem zu prüfenden Widerstand ( $R_x$ ) ein dem geometrischen Mittel aus den beiden zulässigen Grenzwerten des zu prüfenden Widerstandes ( $R_n$ ) entsprechender Widerstand gewählt wird.

4. Toleranzmeßbrücke nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das in der Brückendiagonale liegende Nullinstrument bei Übergang von der Messung der Plus-toleranz auf die Messung der Minus-toleranz und umgekehrt umgepolt wird.

5. Toleranzmeßbrücke nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Skala des Nullinstrumentes beiderseits der Nullstellung unterschiedlich farbig gekennzeichnet ist, wobei die eine Seite die »Gut«-Seite, die andere die »Ausschuß«-Seite darstellt, und daß jeder Zeigerausschlag unabhängig von

seinem Betrag sowohl bei der Plus- als auch der Minustoleranzmessung eine Unter- bzw. Überschreitung der zulässigen Toleranz bedeutet.

6. Toleranzmeßbrücke nach Anspruch 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Nullinstrument mit einer aus der Parallelschaltung zweier entgegengesetzt gepolter Gleichrichter (z. B. Selen- gleichrichter) bestehenden Schutzschaltung versehen ist.

7. Toleranzmeßbrücke nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der dem zu prüfenden Widerstand ( $R_x$ ) benachbarte Verhältniswiderstand ( $d$ ) aus dem gleichen Widerstandsmaterial gewählt ist, aus dem der Widerstand ( $R_x$ ) aufgebaut ist.

8. Toleranzmeßbrücke nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schablone als

Zwischenglied einer Schaltvorrichtung dient, bei deren Betätigung die Teilstufen der veränderbaren Brückenwiderstände ( $a, c$ ) einzeln oder in entsprechender Kombination kurzgeschlossen bzw. eingeschaltet werden.

9. Toleranzmeßbrücke nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schablone auch die Einschaltung des jeweils erforderlichen Vergleichswiderstandes verschiedenen Materials ( $d$  oder  $d'$ ) bewirkt.

#### Angezogene Druckschriften:

Hdb. d. Physik, Bd. 16, Bln. 1927, S. 451, Ziff. II; 30  
ATM J 912—2, Juni 1937, Bl. T 83, T 84, und  
J 912—3, Juni 1939, Bl. T 80;  
O. Limann: »Prüffeldmeßtechnik«, Funkschau-  
Vlg., 3. Auflage, 1947, S. 150 bis 152.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

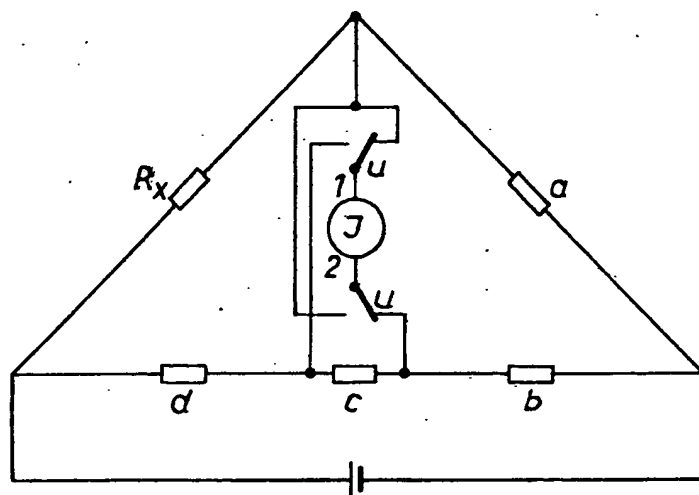


Fig. 1

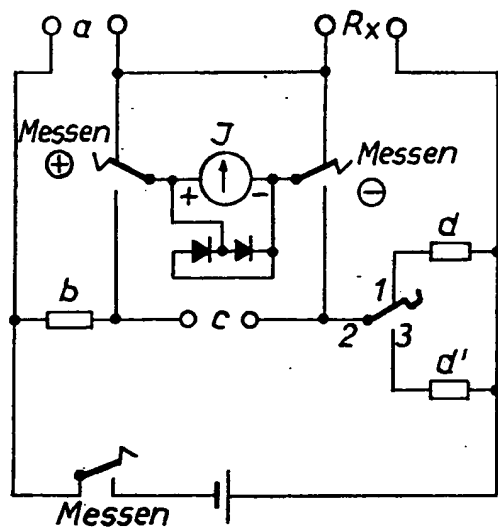


Fig. 2

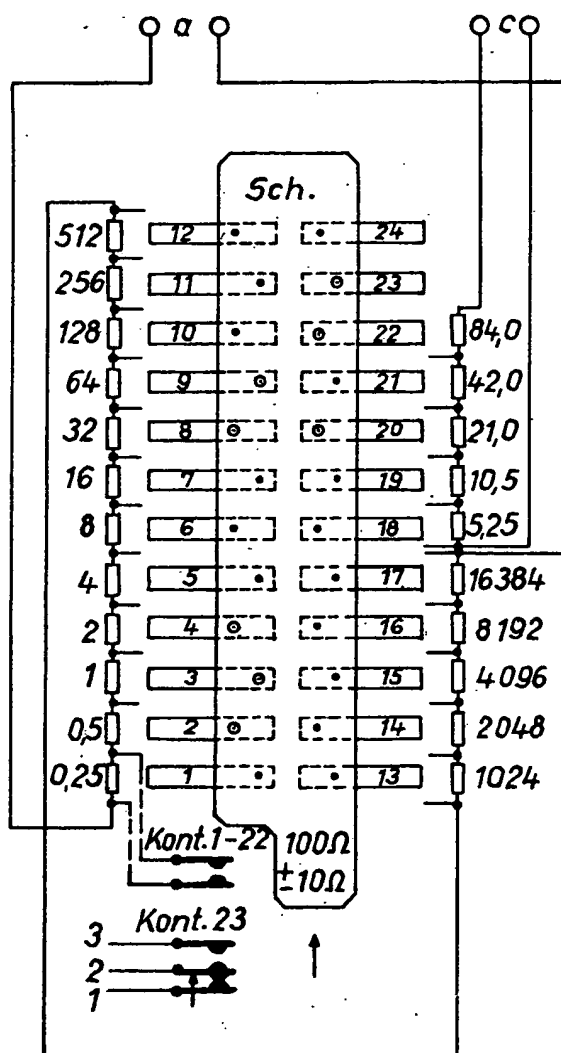


Fig. 3